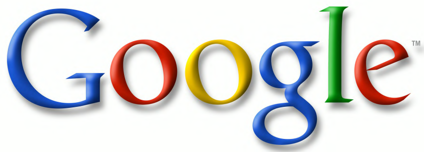
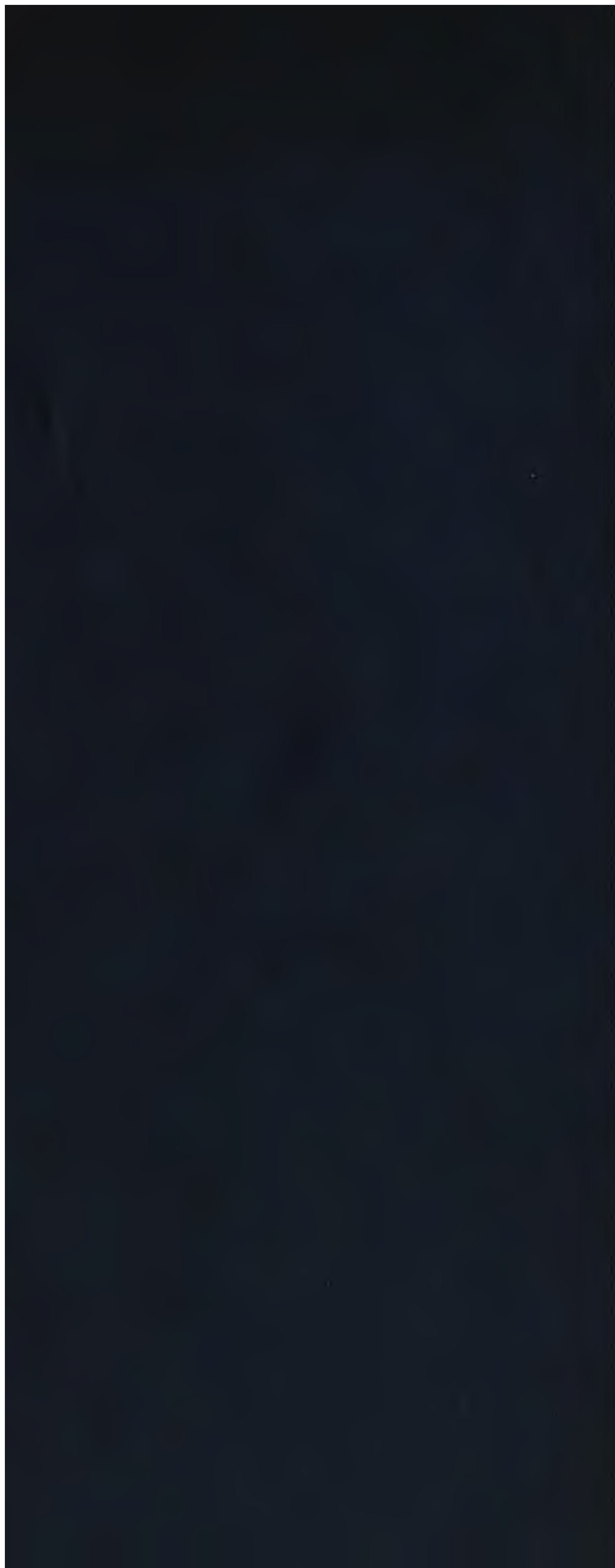

Google




SIGILL: COLL: HARVARD: CANTAB: NOV: ANGL: 1650.
CHRISTO ET ECCLESIAE
From the
President's Office,
30 December, 1871.

# INSTRUCTIONS

ET

# CONSIDÉRATIONS SYNTHÉTHIQUES

## SUR LA NATURE, LA CONSTITUTION ET LA FORME

# DES NUAGES

PAR M. ANDRÉ POEY,

Directeur de l'Observatoire physico-météorologique de la Havane; Attaché à l'expédition scientifique française du Mexique; Membre de plusieurs académies et sociétés savantes de l'Europe et de l'Amérique.

---

Extrait de l'ANNUAIRE DE LA SOCIÉTÉ MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE,

Tome XIII, séance du 11 avril 1865.

---

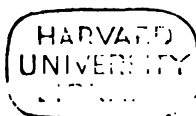
VERSAILLES

BEAU JEUNE, IMPRIMEUR DE LA SOCIÉTÉ MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE,

Rue de l'Orangerie, 36.

—

1865.




1871, Dec. 30.
From the
President's Office.

# INSTRUCTIONS

ET

# CONSIDÉRATIONS SYNTHÉTHIQUES

## SUR LA NATURE, LA CONSTITUTION ET LA FORME

# DES NUAGES


PAR M. ANDRÉ POEY,

Directeur de l'Observatoire physico-météorologique de la Havane; Attaché à l'expédition scientifique française du Mexique; Membre de plusieurs académies et sociétés savantes de l'Europe et de l'Amérique.


---


Extrait de l'Annuaire de la Société météorologique de France,

Tome XIII, séance du 11 avril 1865.

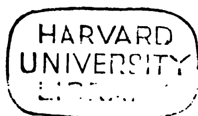
---

VERSAILLES

BEAU JEUNE, IMPRIMEUR DE LA SOCIÉTÉ MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE,

Rue de l'Orangerie, 36.

1865.


HARVARD
UNIVERSITY

# INSTRUCTIONS

# POUR SERVIR A L'OBSERVATION DES NUAGES,

## DES COURANTS INFÉRIEURS ET SUPÉRIEURS

## DE L'ATMOSPHÈRE.

---

Les nuages nous offrent à tout instant l'image fidèle d'une boussole céleste, dont la marche régulière guide nos pas dans les profondeurs de la mécanique terrestre.

POEY.

### PRÉLIMINAIRES.

On remarquera, dans cette Instruction, que j'ai dû introduire quelques modifications essentielles dans l'ancienne classification des nuages proposée par Howard en 1802, fruit de seize années d'études assidues, tant aux Antilles qu'en Europe (1). On trouvera, je l'espère, la justification complète de cette modification, dans un nouveau travail qui doit prochainement paraître dans les *Annales Hydrographiques* du Dépôt de la Marine, avec une planche représentant les diverses formes de nuages, sur lesquelles on devrait principalement attacher son attention, et prises d'après nature à l'instant de leur formation.

Pour le moment, il me suffira d'établir que, tout en conservant les deux types de Howard, les *Cirrus* et les *Cumulus*, avec les trois nuages dérivés, les *Cirro-Stratus*, les *Cirro-Cumulus* et les *Cumulo-Stratus*, je rejette complétement ses *Stratus* et *Nimbus*, de même que les *Strato-Cumulus* de Kaemtz, par les raisons suivantes : le *Stratus*, parce que ce n'est pas, d'après

(1) Voir ma note précédente sur deux nouveaux types de nuages observés à la Havane, dénommés *Pallium* (*Pallio-cirrus* et *Pallio-cumulus*) et *Fracto-cumulus*. *Annuaire de la Société Météorologique de France*, 1863, t. XI, p. 53. — *Comptes Rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1863, t. LVI, p. 361.

le savant partout, tournent incessamment vers les nuages leurs regards inquiets et investigateurs. Chacun les interroge, suivant ses besoins et tous aspirent, d'après l'allure des nuages, à prédire le beau et le mauvais temps. Les nuages, en un mot, sont un livre constamment ouvert aux recherches de toutes les classes de la société.

De là découle la nécessité impérieuse d'entreprendre une étude profonde sur les nuages dans leurs diverses applications scientifiques et sociales.

Malheureusement si l'on s'est occupé de la forme et de la constitution physique des nuages, on a fort peu étudié leurs mouvements dans l'espace. C'est à peine si leur direction a été signalée, et alors on n'a pas assez distingué chaque couche de nuages superposées. Cependant, dans l'état actuel de la météorologie, la connaissance de la circulation atmosphérique, fondée sur l'étude des courants aériens, est de la plus haute importance au double point de vue spéculatif et pratique ; car les nuages nous accusent à tout instant la direction, la vitesse et la hauteur des courants supérieurs qui déterminent les vents inférieurs.

Il faudrait donc entreprendre une étude sérieuse, qui serait à la fois facile, sur la *nature,* la *quantité,* la *direction,* la *vitesse* et la *rotation azimutale* des nuages correspondants à chaque couche parfaitement caractérisée par l'origine, la constitution intime et les produits météoriques des vapeurs vésiculaires et des particules congelées qui les constituent. Car, dans la nature intime des nuages il y a une condition fondamentale à établir, qui dépend de la force physique qui agit la première sur leur constitution, c'est l'élément de la *chaleur.* Les nuages se distinguent donc en *nuages de neige ou de glace,* dont les particules constituantes sont plus ou moins congelées; puis en *nuages de vapeur d'eau,* dont les vésicules aqueuses, creuses ou pleines, nagent dans un milieu au-dessous de la congélation.

A ce point de vue fondamental il n'y aurait que deux types de nuages proprement dits, les *Cirrus* et les *Cumulus.* Aux *Cirrus* se rattacheraient trois formes de transition : les *Cirro-stratus,* les *Cirro-cumulus* et les *Pallio-cirrus* ; et aux *Cumulus* trois autres formes transitoires : les *Pallio-cumulus,* les *Cumulo-stratus* et les *Fracto-cumulus.*

Nous allons maintenant donner les caractères les plus essentiels de chacun de ces types et à la portée des observateurs ordinaires, afin qu'ils puissent facilement les reconnaître.

## I. — *Cirrus.* Howard.

Les *Cirrus* dénommés ainsi par Howard (queue de chat des marins), se composent de filaments dont l'ensemble ressemble tantôt à un pinceau délié, à des cheveux crépus, à une touffe tordue, à un plumage, à la queue flottante d'un cheval; d'autres fois ils se disposent en longues bandes droites, parallèles entre elles, palmées ou semblables à une arête de poisson ou à une colonne vertébrale, dont le grand axe est orienté suivant la marche du nuage

et la direction du vent régnant à cette hauteur, lequel ne tarde pas à se faire sentir à terre. Lorsqu'ils forment deux ou plusieurs systèmes de bandes droites parallèles, par un effet de perspective, elles paraissent diverger de leur point de départ à l'horizon et converger vers le point de l'horizon diamétralement opposé, comme les rayons du soleil levant ou couchant.

Les *Cirrus* sont toujours d'une blancheur tantôt éclatante, tantôt mate de perle. Les premiers et les derniers reflets des rayons solaires sur ces nuages les colorent d'une charmante teinte rosée plus ou moins intense, suivant leur densité. Leur propagation est excessivement lente, et leur hauteur n'est pas de moins de 10,000 mètres. L'apparition et la disparition des *Cirrus* annoncent à la fois la fin et le commencement du beau temps. Le baromètre baisse et remonte ensuite, et l'ensemble des phénomènes météorologiques concomitants suit la même marche.

## II. — *Cirro-stratus.* Howard.

Les *Cirro-stratus* de Howard se distinguent des Cirrus purs par des filaments plus petits, plus serrés, plus ramifiés et, pour ainsi dire, complétement stratifiés. Ils sont plus bas, plus denses, car souvent les rayons du soleil ont de la peine à les percer. Leur teinte blanchâtre est plus nette, et se colore aussi en rose dans les mêmes circonstances. Leur mouvement est un peu plus rapide. Lorsque, à l'horizon, on n'aperçoit que la projection verticale, ils prennent l'apparence d'une bande longue et fort étroite.

## III. — *Cirro-cumulus.* Howard.

Il suffit que les Cirro-stratus s'abaissent un peu ou que la température de la région qu'ils occupent s'élève légèrement, pour que les aiguillettes glacées se réduisent en neige et donnent de suite naissance aux *Cirro-cumulus* de Howard. Premièrement les axes des stries s'arrondissent ; puis, par degré, la stratification entière, jusqu'à former de petites balles de coton cardé qu'on appelle nuages *moutonnés* ou ciel *pommelé,* lorsqu'il est complétement couvert ; en espagnol, *cielo empedrado.* Au contraire, si les Cirro-cumulus s'élèvent un peu, ou si la température s'abaisse, ils retournent au type supérieur de Cirro-stratus. Les petites balles de neige se congèlent et se cristallisent de nouveau en aiguillettes.

Les Cirro-cumulus sont plus denses et plus bas que les Cirro-stratus d'où ils dérivent, bien que généralement les rebords des petites agglomérations ou de la masse entière du nuage se transforment en Cirro-stratus, là où par une plus grande élévation ou une température plus basse, la congélation est plus forte. Leur mouvement est aussi plus rapide, leur couleur un peu grisâtre, et ils peuvent encore se teindre en rose ou plutôt devenir rougeâtres.

Les Cirro-stratus, mais surtout les Cirro-cumulus, sont remarquables par un caractère de la plus haute importance, au point de vue de la distribution de la vapeur d'eau congelée et qui a échappé à la perspicacité de Howard et de ses successeurs. Il consiste dans les combinaisons les plus bizarres, reproduisant toutes les formations hydrologiques et physiques de nos continents et de nos mers. Ici, une baie profonde avec promontoires, caps, presqu'îles, isthmes, etc. ; là, un fleuve, des ruisseaux, des lacs, etc. ; plus loin, de vastes continents et des mers ouvertes. La masse entière et les contours de chacun de ces accidents sont parsemés de Cirro-cumulus, parfois bordés de Cirro-stratus, dont les volumes des petites balles vont en diminuant et en s'évanouissant du centre à la circonférence, tandis qu'à côté, dans les espaces vides, on aperçoit l'azur du ciel le plus pur. S'agit-il d'un lac, l'eau sera représentée par le ciel bleu, et la terre ferme par les Cirro-cumulus qui l'entourent. En étudiant soigneusement toutes ces transformations, on y remarque la plus grande analogie avec les phénomènes du dépôt et de la congélation de la rosée sur les corps solides. Il y aurait donc à cette hauteur, sur le même stratum et de proche en proche, pour ainsi dire, des portions de l'atmosphère jouissant de différents degrés de densité et de température, pour que la congélation de la vapeur d'eau puisse avoir lieu d'une manière si variable.

L'influence des Cirro-cumulus sur l'abaissement de la température à la surface du sol est tellement considérable, que le corps humain la ressent de suite. Un ciel *pommelé* à la nouvelle lune dans une nuit calme sous les tropiques est un ciel relativement glacial pour ces latitudes. Cet effet peut être dû à leur plus grande proximité et à la quantité considérable de balles neigeuses qui constituent ce type de nuage. Les Cirrus se trouvant bien plus élevés et les Cirro-stratus bien moins abondants, quoique, tous deux formés d'aiguillettes glacées, ils n'auraient pas cette même influence sur la température terrestre.

### III. — *Pallium*. Poëy.

Sous la dénomination générique de *Pallium*, j'ai classé deux formes de nuages qui offrent l'apparence d'un manteau ou d'un voile d'une étendue considérable, d'une texture très-serrée, à rebords nettement terminés, d'une marche excessivement lente et embrassant au delà de la voûte visible du ciel. Suivant que les Pallium sont formés de Cirrus ou de Cumulus, ils se distinguent en *Pallio-cirrus* et en *Pallio-cumulus*. L'apparition de ces nuages signale le mauvais temps et la disparition le beau temps.

La couche des Pallio-cirrus se forme la première et quelques heures ou quelques jours après celle des pallio-cumulus en dessous. Ces deux couches se maintiennent en regard à une certaine distance l'une de l'autre, et de leur action et réaction réciproques se produisent les orages et les fortes pluies accompagnées de décharges électriques considérables. Elles sont électrisées

de signes contraires : la couche supérieure des Cirrus l'est négativement et celle inférieure des Cumulus positivement, de même que la pluie qui s'en dégage ; tandis que l'électricité de l'air à la surface du sol est négative. Mais lorsque ces deux couches s'attirent l'une vers l'autre, que la décharge se produit, la couche inférieure continue à répandre l'excédent d'eau qu'elle renfermait sans donner aucun signe d'électricité, pas plus que l'air au contact de la terre. Cet état continue jusqu'à ce que la couche inférieure s'entr'ouvre, puis la supérieure, qu'elles disparaissent enfin l'une après l'autre ; le temps retourne alors au beau. Une partie des Pallio-cumulus, qui n'ont pas été réduits ou qui n'ont point été dispersés vers d'autres régions, s'agglomèrent à l'horizon et se transforment en de véritables cumulo-stratus. Quant aux Pallio-cirrus, ils disparaissent complétement si le temps doit se maintenir au beau. Voyons maintenant quels sont les caractères inhérents aux Pallium.

### IV. — *Pollio-cirrus.* Poëy.

Les *Pallio-cirrus* se forment de l'agglomération des Cirro-cumulus qui s'abaissent visiblement ou se présentent déjà formés vers un point de l'horizon dans le stratus correspondant à ce dernier type. Dans le premier cas, ils sont un peu plus bas, plus denses, moins serrés, plus rapides, grisâtres, et offrent souvent quelques traces de polarisation. Dans le second cas, ils sont un peu plus hauts, moins denses, plus serrés, moins rapides, blanchâtres de perle, impénétrables aux rayons solaires et sans trace de polarisation. Dans les deux cas ils apparaissent généralement vers l'horizon du SO, accusant la présence du courant *équatorial* supérieur et déterminent la chute de la pluie tant qu'ils demeurent au-dessus et en regard des Pallio-cumulus. Aussitôt qu'une brèche s'est ouverte dans cette couche inférieure, elle ne tarde pas à se produire également dans celle des Pallio-cirrus ; d'autres fois elle est déjà faite dans cette dernière. A l'approche des Pallio-cirrus on observe les manifestations météorologiques suivantes : le baromètre baisse, le thermomètre monte, l'humidité relative augmente, la tension de la vapeur diminue et le vent de terre se fait sentir de cette direction peu de temps après.

### V. — *Pallio-cumulus.* Poëy.

De même que l'agglomération et l'abaissement des Cirro-cumulus donnent naissance aux Pallio-cirrus, ceux-ci par une cause semblable, produisent les Pallio-cumulus qui sont plus bas, plus denses, moins serrés, plus rapides que les premiers et d'une couleur d'ardoise ou grisâtre. Plus cette couche est épaisse et compacte, et plus aussi la pluie sera durable ; mais aussitôt qu'une brèche est ouverte il s'en dégage des frag-

ments de Cumulus (Fracto-cumulus), qui disparaissent rapidement, tandis que le restant s'entasse à l'horizon sous la forme de *Cumulus*. Les Pallio-cumulus apparaissent presque toujours du NE, accusant le courant *polaire* inférieur, qui ne tarde pas à souffler à la surface du sol. Les manifestations météorologiques qu'ils déterminent sont inverses à celles des Pallio-cirrus : le baromètre monte, le thermomètre descend, l'humidité relative diminue et la tension de la vapeur d'eau augmente.

### VI. — *Cumulus* vel *Cumulo-stratus*. Howard.

Les *Cumulus* de Howard, mieux dénommés *Cumulo-stratus*, nuages d'été et de vésicules aqueuses (*balle de coton* des marins), apparaissent toujours sous la forme d'une moitié de sphère ou d'arcs de cercle mamelonnés et reposant sur une base horizontale. Lorsque ces demi-sphères s'entassent les unes sur les autres, il se forme de gros nuages accumulés à l'horizon, semblables dans le lointain à des montagnes couvertes de neige, dont les contours affectent mille formes humaines, d'animaux, de productions de toute sorte plus ou moins bizarres et fantastiques qui ont inspiré au poëte Ossian ses plus belles images et donné lieu dans les pays de montagnes à des traditions populaires pleines d'événements.

Lorsque les Cumulus se détachent de l'horizon, ce sont les nuages les plus rapides, à l'exception des Fracto-cumulus. Mais lorsqu'ils s'entassent le long de l'horizon, en été vers le sud, en hiver vers le nord, ils deviennent excessivement lents et demeurent toute une journée sans presque se mouvoir ; ils s'étendent alors obliquement vers le zénith. Leur sommet mamelonné est d'une blancheur éclatante, et lorsqu'ils s'élèvent assez haut, ils se colorent en rose matin et soir comme les *Cirrus;* le centre du nuage est grisâtre, la base couleur d'ardoise ou noirâtre.

### VII. — *Fracto-cumulus*. Poëy.

Les nuages que j'ai dénommés *Fracto-cumulus* sont des fragments de Cumulus distancés, plus ou moins considérables, sans forme déterminée, aux rebords déchirés, les plus bas et les plus rapides de tous, blanchâtres, grisâtres ou couleur d'ardoise suivant leur densité. Aussitôt qu'un orage invisible a éclaté dans le lointain, on les voit accourir avec une grande vitesse, presque rasant les plus hauts monuments ou les arbres les plus élevés; leurs bords sont excessivement déchirés, et alors ils sont d'une blancheur qui contraste fortement avec la couche grisâtre des Pallio-cumulus supérieurs. Ils sont visibles le jour et la nuit, et traversent souvent le firmament du NE au SO sans discontinuer, pendant plusieurs jours; le ciel au-dessus et dans les

espaces intermédiaires se trouvant complétement clair. En hiver, on les voit apparaître seuls par un ciel azuré au-dessus, déterminant à leur passage au zénith des ondées de pluie discontinuées, accompagnées de fortes rafales de vent qui impriment immédiatement une très-légère élévation et une oscillation dans la colonne barométrique. Ces nuages produisent aux Antilles les pluies désagréables de l'hiver et les giboulées de mars en Europe.

Peu avant que l'orage ou la tempête n'éclate, on voit apparaître une suite de très-petits Fracto-cumulus qui cheminent rapidement, presqu'aux deux tiers de son élévation, le long d'une masse considérable de Cumulus, qui stationnent quasi immobiles le plus souvent vers l'horizon du sud. Bientôt ces Fracto-cumulus deviennent plus abondants, moins rapides et forment une bande horizontale qui coupe le Cumulus vers sa sommité. Cette apparence est un signe terrible pour les marins, parce qu'elle leur annonce le déchaînement d'une bourrasque. En effet, le Fracto-cumulus se développe de plus en plus; il se fait un échange électrique de nom contraire entre ces deux nuages, et l'orage ne tarde pas à éclater. C'est donc le même petit nuage, dont j'ai parlé plus haut, qui, revenant alors du combat, vient maintenant livrer une nouvelle bataille.

*Sur la nature des Nuages tirée de la formation des Halos, des Couronnes et des Arcs-en-Ciel.*

On peut encore reconnaître la nature des nuages par les phénomènes optiques auxquels ils donnent naissance, suivant que leur constitution intime est plus ou moins liée à un certain degré d'élasticité de la vapeur d'eau, à l'état de vésicules aqueuses, de congélations neigeuses ou glacées des couches correspondantes à la formation de chaque type.

Voici quelques faits que j'ai observés à la Havane et qu'il serait important de vérifier dans d'autres régions :

Généralement parlant, les *Cirrus*, surtout les *Pallio-cirrus* donnent naissance au grand halo solaire et lunaire de 22° de rayon. Lorsqu'il est produit par le soleil, il peut quelquefois présenter les sept couleurs du spectre comme dans l'arc-en-ciel, quoique d'habitude il n'a qu'une seule teinte interne orangée, terminée parfois en un peu de rouge. Au contraire, le grand halo produit par la lune est presque toujours blanc et seulement quelquefois on aperçoit la même teinte orangée, mais sans rouge.

Les *Cirro-cumulus* produisent le halo lunaire moyen de 2° à 4° de rayon, qui peut être triple ou formé de seize anneaux prismatiques avec la teinte rougeâtre interne. Ce halo est encore plus brillant lorsqu'il a lieu assez rarement sur des *Cirro-stratus*.

Les *Fracto-cumulus* sont les seuls nuages qui engendrent non plus des halos, mais des couronnes complètes ou des segments d'arcs, selon l'étendue des fragments qui traversent le disque lunaire. Ces couronnes sont aussi prismatiques, mais ayant la teinte bleue intérieurement.

Les *Pallio-cumulus* et les *Cumulus* ne forment plus ni halos, ni couronnes, mais seulement des arcs-en-ciel solaires et lunaires.

Enfin la vapeur d'eau extrêmement dissoute, élastique, uniformément distribuée dans les hautes régions de l'atmosphère, sans trop altérer la transparence de l'air, donne lieu à la formationdu *petit* halo. Leur coloration unique en *brun* ou en *roux*, clair ou foncé, ainsi que leur grandeur, sont intimement liées soit à la densité des vapeurs d'eau ou élastiques, soit à leur élévation; leurs dimensions peuvent varier depuis les rebords mêmes du disque lunaire jusqu'à 2° de rayon. On les aperçoit dans toutes les lunaisons.

### *Quantité de Nuages.*

On calcule à la simple vue soit l'espace azuré du ciel, soit la quantité de nuages visibles, que l'on détermine suivant une échelle conventionnelle en fractions décimales depuis 0 jusqu'à l'unité 1. Mais il est préférable de prendre directement la quantité de nuages et de répéter cette appréciation dans chaque quadrant, sur chaque couche et sur chaque type, au lieu de se conformer uniquement à l'ensemble du ciel, n'ayant point égard à leur nature, comme on a fait partout jusqu'ici.

Voici la manière de procéder : on explore le premier quadrant, et si l'on aperçoit trois types différents de nuages, par exemple des *Cirrus* élevés, des *Cumulus* à l'horizon et des *Fracto-cumulus* bas et isolés, on juge l'un après l'autre selon leur étendue en hauteur et en largeur, l'espace qu'ils occupent relativement aux 90° compris du N à l'E et de l'horizon au zénith de ce quadrant. On inscrit alors dans sa colonne correspondante soit 0,5 de Cirrus, un 0,9 de Cumulus et un 0,2 de Fracto-cumulus. Si le quadrant que l'on explore est complétement couvert d'une seule nature de nuage, on marque l'unité 1 et son type correspondant. Si, au contraire, il n'y a aucun nuage on place 0. On répète ensuite la même opération dans les trois autres quadrants du SE, du SO et du NO.

Parfois la quantité de nuages associée à d'autres de différente nature est tellement minime, ne consistant qu'en quelques fragments, qu'il devient extrêmement difficile de faire une juste appréciation, et alors on marque *nuage isolé* du type correspondant. Pendant une pluie continue, lorsque le ciel est complétement couvert d'un Pallio-cumulus on est sûr de trouver encore au-dessus une seconde couche de Pallio-cirrus, qui occasionne cette pluie. Ainsi après cette vérification on inscrit dans chaque quadrant l'unité pour ces deux types. Mais aussitôt qu'il se fait une brèche dans la couche du Pallio-cumulus, alors il faut bien faire attention à ne point confondre la quantité de nuage correspondante à chacune de ces deux couches qui s'aperçoivent l'une après l'autre. Avec un peu d'attention on arrive parfaitement à saisir chaque ordre de nuage et l'espace qu'ils occupent.

*Direction des Nuages.*

On devra annoter dans une autre colonne la direction de chaque type de nuage correspondant aux seize premiers points cardinaux. Pour cela, il faudra observer l'espace d'où part le nuage et celui de l'horizon opposé où il se perd. Lorsque le nuage traverse la région zénithale, l'observation est facile à faire. Il n'y a qu'une seule position qui pourrait induire en erreur par un effet de perspective, qui a lieu matin et soir, lorsque les Cumulus ne s'éloignent point des limites de l'horizon, qu'ils ont une marche très-lente et qu'ils disparaissent à l'opposé dans le même plan parallèle. On croirait alors que le nuage se dirige franchement de l'E à l'O ou *vice versâ* soit par le N, soit par le S, lorsqu'il aurait plutôt une inclinaison du NE, du NO, du SE, du SO, ou tout autre. Si c'est au lever et au coucher du soleil, si le vent est à l'E ou à l'O, ou encore si la girouette se maintient au calme dans une de ces directions, on peut être sûr que le Cumulus suit ce parcours horizontal et perpendiculairement au méridien.

Souvent il est grandement difficile de saisir la direction des Cirrus à cause de leur extrême lenteur, la quantité considérable et la grande étendue de leurs filaments qui sont orientés dans tous les sens. Il faudra principalement fixer son attention sur le sens du déplacement de l'arête ou du tronc central d'où se détache cette multitude de bandes et de filaments latéraux. La marche du Cirrus est alors presque toujours dans le plan longitudinal ou parallèle au grand axe. Par une loi de perspective, les bandes parallèles paraîtront diverger d'un point de l'horizon et, au contraire, converger vers le point diamétralement opposé; mais l'observation du lieu de convergence à l'horizon opposé donnera aussi le sens de l'orientation.

Il y a encore une autre illusion d'optique contre laquelle il faut surtout être prévenu pour ne pas commettre une plus grave erreur; car elle se présente chaque fois qu'au-dessous d'une couche de Cirrus supérieurs et très-lents, on aperçoit une seconde couche de Cumulus inférieurs et rapides. Dans cette circonstance, les Cirrus semblent marcher rapidement à l'opposé des Cumulus, lorsque en réalité ils peuvent suivre la même direction avec plus de lenteur. C'est une illusion analogue à celle que l'on remarque en chemin de fer quand les objets qui se trouvent plus proches de nous filent rapidement dans une direction contraire à celle de la locomotive; tandis que les objets plus éloignés, au delà du second plan, vont parallèlement. On ne saurait trop prévenir les observateurs contre cette grave erreur, surtout lorsqu'ils se trouvent en présence de trois ou quatre couches de nuages superposées pouvant avoir les unes la même direction et les autres des directions opposées.

Très-souvent aussi, les Cirrus sont tellement lents qu'il faut de grandes heures pour saisir leur marche. Ensuite cette extrême lenteur contribue à ce qu'ils aient un mouvement latéral perpendiculaire à leur progression bien plus prononcée que dans les Cumulus ou les autres types de nuages, ce à quoi

s'ajoute leur forme filamenteuse et leur grand nombre de ramifications. Dans ce cas, l'observateur devra prendre un point de repère sur quelque monument élevé de la ville ou sur le sommet d'une montagne ou d'un arbre, le vérifier d'heure en heure et, si ces précautions n'étaient pas encore suffisantes, attendre que le Cirrus ait dépassé le méridien ou qu'il disparaisse à l'horizon opposé. Généralement, à l'observatoire de la Havane, la direction des Cirrus n'est définitivement annotée sur le registre que vers l'après-midi, quoiqu'ils aient paru dès cinq ou six heures du matin.

Lorsque les Cumulus s'entassent à l'horizon en dehors de leur propagation horizontale, ils s'étendent encore obliquement vers le zénith par un mouvement latéral et ascendant, qu'il faudra distinguer de la vraie direction du nuage.

Les Cirrus, les Cirro-stratus et les Cirro-cumulus apparaissent généralement du SO, accusant la présence du courant *équatorial* supérieur.

Les Cumulus, les Cumulo-stratus et les Fracto-cumulus se montrent, au contraire, vers le NE, déterminant le courant *polaire* inférieur. Mais les Cumulus de juin à décembre prennent généralement une direction moyenne de l'E sous l'influence dé l'alizé du NE et de l'alizé du SE, tandis que les Fracto-cumulus accompagnent le courant polaire du NE de décembre à mai, lorsque celui-ci, refoulant le courant du SE de l'hémisphère méridional, se rapproche de l'équateur et fait descendre l'alizé du N jusqu'à l'ENE ou l'E.

Maintenant, les Pallio-cirrus et les Pallio-cumulus servent alternativement de transition entre les deux courants opposés, l'*équatorial* et le *polaire*, bien que le premier type accompagne plus fréquemment le courant supérieur et le second le courant inférieur; de sorte que les deux Pallium servent d'alternance.

Pour plus de clarté nous avons l'ordre suivant :

| | |
|---|---|
| Cirrus,<br>Cirro-stratus,<br>Cirro-cumulus, | Courant équatorial supérieur. |
| Pallio-cirrus, | Alternance vers le courant équatorial supérieur. |
| Pallio-cumulus, | Alternance vers le courant polaire inférieur. |
| Cumulus,<br>Cumulo-stratus<br>Fracto-cumulus | Courant polaire inférieur. |

*Vitesse des Nuages.*

L'ignorance dans laquelle nous sommes sur la vitesse des nuages, les difficultés qui se présentent pour un seul observateur qui pourrait être, en outre, dépourvu d'instructions suffisantes ou d'instruments convenables pour entreprendre directement ce calcul, fait qu'on devra l'établir d'après une appréciation visuelle et approximative. Comme règle générale, les nuages sont

d'autant plus rapides qu'ils se tiennent plus proches de la surface du sol, et d'autant plus lents qu'ils s'en éloignent. Donc, les Fracto-cumulus, qui rasent presque les sommités des monuments et des arbres, sont plus rapides; tandis que les Cirrus, qui se trouvent au moins de 10,000 à 15,000 mètres de hauteur dans la zone torride, sont les plus lents, puisqu'ils restent des heures entières presque immobiles.

On adoptera les quatre termes suivants: *lent, très-lent, rapide, très-rapide*, qui peuvent suffire pour exprimer toutes les vitesses des nuages avec assez d'exactitude, comme ce ne serait pas le cas si l'on faisait usage d'une nomenclature plus longue et minutieuse. Les déterminations extrêmes étant les plus difficiles à saisir, surtout celle de *très-rapide*, on se gardera bien d'en faire usage avant de s'être parfaitement rendu compte de la marche des Cirrus qui tardent des heures entières à décrire un très-petit arc, et celle des Fracto-cumulus qui ont des vitesses très-variables. Mais, après quelques apparitions de nuages à vitesse extrême, l'observateur saura les apprécier correctement.

## *Rotation azimutale des Nuages.*

Dans une note présentée à la Société, le 10 mai 1864 (1), j'ai déjà démontré, d'après 280, 320 observations faites à l'Observatoire de la Havane, que la loi de la rotation des vents formulée en 1827, par M. Dove, est parfaitement applicable aux nuages, que c'est même la direction rotatoire des nuages qui détermine la rotation du vent inférieur, et modifie l'ensemble des phénomènes météorologiques; en un mot, qu'il faut prendre la météorologie par *en haut*, suivant la profonde remarque de M. Biot, à l'Académie des sciences, et ainsi que le fait M. Coulvier-Gravier.

La loi du changement des vents de M. Dove peut se résumer ainsi: 1° Lorsque sur l'hémisphère boréal des courants d'air venant de l'équateur alternent avec des courants polaires, le vent fait le tour du compas le plus souvent dans le sens S, O, N, E et S; 2° sur l'hémisphère austral, c'est l'inverse : S, E, N, O et S; 3° l'influence du vent sur les phénomènes météorologiques, combinée avec la loi de son changement, accuse deux moitiés de compas opposées sous tous les rapports, la région de l'E et celle de l'O, où les variations atmosphériques présentent une correspondance avec les instruments qu'il est facile de saisir. On voit donc que cette loi importante de M. Dove doit nous conduire forcément à la *prévision scientifique*, en y ajoutant la méthode des écarts de M. Buys-Ballot.

Maintenant, si le changement des nuages, depuis les Cirrus jusqu'aux Fracto-cumulus, c'est-à-dire depuis 10,000 mètres au moins de hauteur jus-

(1) *Annuaire*, t. XII, p. 209. — *Comptes-Rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 1864, t. LVIII, p. 669.

qu'à la surface terrestre, obéit réellement à la même loi du changement des vents, alors nos prévisions acquièrent un degré de plus de certitude.

Le vent a effectué à la Havane, en 1863, 23 rotations conjointement avec les Cumulus, ceux-ci 25, les Cirro-cumulus 18, et les Cirrus 17. Deux rotations, du 29 juin au 19 octobre, n'ont point été accompagnées de celles des vents.

Parfois on remarque que toutes les couches de nuages, jusqu'aux Cirrus, complètent leur rotation au N le même jour et à la même heure. D'autres fois, c'est le plus grand nombre de cas, le vent s'anticipe sur les Cumulus, ceux-ci sur les Cirro-cumulus, et ces derniers sur les Cirrus, c'est-à-dire de bas en haut au lieu d'être de haut en bas, comme avant leur rotation. Ce fait paraît contredire l'hypothèse que les courants supérieurs déterminent, de proche en proche, le passage, sous le même parallèle, des courants inférieurs jusqu'au vent de surface. Mais c'est que les courants sont inclinés, forment à peu près un angle de 45° avec la surface du sol, de sorte qu'ils se font sentir premièrement sur un point plus au N, s'abaissent par degré jusqu'à atteindre tous les points de leur parcours vers le S, par où ils ont passé au-dessus, jusqu'à leur extinction naturelle ou produite par le choc d'autres courants opposés. Cette apparition du courant inférieur avant le courant supérieur est surtout fréquente dans les basses régions. Elle s'est présentée quinze fois contre quatre seulement entre le vent et les Cumulus, et quatre autres fois simultanément. Dans les hautes régions, six fois contre cinq, les Cirro-cumulus ont apparu avant les Cirrus, et, dans trois autres cas, à la fois. Les Cumulus, à leur tour, se sont anticipés onze fois contre deux sur les Cirro-cumulus, et deux autres fois en même temps.

Par l'effet de l'opposition ou du renversement de la température entre la terre et la mer, le soir le vent chasse vers le S et le matin vers le N. L'influence de ces mouvements locaux de la brise est telle, dans la circulation générale, qu'elle peut retarder la rotation du vent, qui termine au N, non-seulement de plusieurs heures, mais encore de 90° à 180° azimutaux. L'action de la brise de mer paraît être plus considérable que celle de la brise de terre; mais les brises sont bien moins sensibles sur les Cumulus et les Cirro-cumulus, surtout lorsque ces derniers sont élevés et ne semblent pas atteindre la région des Cirrus.

La durée de chaque rotation a considérablement varié en 1863, de la manière suivante :

| | Jours. | Heures. | | Jours. | Heures. |
|---|---|---|---|---|---|
| Pour les Cirrus, de. . . . . . . . | 5 | 5 | à | 49 | 11 |
| Pour les Cirro-cumulus, de. . . . | 3 | 8 | à | 62 | 5 |
| Pour les Cumulus, de. . . . . . . | 3 | 3 | à | 36 | 22 |
| Pour le Vent, de . . . . . . . . . | 4 | 0 | à | 71 | 9 |

Le mois de juillet n'a pas offert une seule rotation dans aucun de ces quatre éléments.

Il est à remarquer que la plupart des rotations du vent sont accompagnées

d'une autre rotation dans les Cumulus, que celles des Cirro-cumulus sont plus rares et correspondent moins avec les premières, et qu'enfin celles des Cirrus s'en éloignent bien plus. Il paraîtrait aussi que les rotations sont moins fréquentes vers les hautes régions qu'à la surface, et que les premières des Cirrus, dues au courant équatorial, se portent plutôt à l'O et surtout au SO, tandis que les secondes des Cumulus, provenant du courant polaire, se limitent plus à la région de l'E, du N et du SE.

Quelle que soit la régularité que présente la circulation du vent et des nuages sous les tropiques, et quel que soit aussi le soin que l'on apporte à l'étudier, elle n'est pas encore exempte des perturbations qui masquent un peu l'instant précis du commencement et de la fin de chaque rotation. L'alizé du SE et la configuration du sol sont au nombre des perturbateurs généraux, tandis que les brises de terre et de mer, l'état nuageux de la couche des Cumulus, qui se prolonge plus ou moins de temps et recouvre celle des Cirro-cumulus, ou ceux-ci celle des Cirrus, leur inclinaison dans l'espace, et, par suite, leur transformation accidentelle et subite, constituent les perturbateurs locaux.

Je soupçonne encore l'existence d'une grande rotation annuelle analogue aux rotations mensuelles et qui imprimerait le cachet des variations atmosphériques, dues au mouvement de translation de la terre, de même que les secondes sont plus particulièrement dépendantes du mouvement de rotation de notre planète et inhérentes toutes deux à chaque climat des zones terrestres, eu égard à la distribution des continents et des mers, et à leur constitution physique. Ces rotations annuelles paraîtraient commencer et terminer au N, pour les Cirrus en octobre, pour les Cirro-cumulus en novembre, pour les Cumulus en décembre, et pour le vent en janvier. D'après cela le courant supérieur emploierait un mois pour accomplir sa rotation d'une couche à l'autre, en se rapprochant toujours de la surface du sol, et trois mois à l'atteindre.

Le lieutenant Maury prétend que les vents alizés sont tellement *constants* et *uniformes*, que leur direction ne change pas plus que le courant du Missisipi. Je ne partage pas l'avis de ce savant, car les observations de la Havane démontrent, au contraire, que l'alizé du N varie depuis le NE, et, parfois, le NNE jusqu'à l'ENE, surtout de décembre à mai, époque à laquelle le courant de l'hémisphère boréal paraît être plus intense que celui de l'hémisphère méridional, et, par suite, se rapproche de l'équateur. Dans la seconde partie de l'année, de juin à novembre, le courant polaire S étant plus intense, refoule le premier et s'avance jusqu'à la latitude de la Havane, et, probablement jusqu'au parallèle de 30° N et l'alizé varie alors de l'ENE au SE. Ainsi, les limites de déplacement en latitude des vents alizés dépendraient plus particulièrement de l'intensité respective des courants polaires de chaque hémisphère. On voit donc que l'époque d'apparition que j'ai établie plus haut pour les Fracto-cumulus et les Cumulus paraît correspondre au déplacement des alizés.

Enfin, c'est au moment où les rotations du vent et des Cumulus se correspondent vers le SO avec celle du courant équatorial, que les orages et les grandes averses ont généralement lieu, en présence d'une couche compacte

et de condensation de Pallio-cirrus supérieurs et d'une autre couche de Pallio-cumulus inférieurs. Mais aussitôt que le vent et les Cumulus tournent à l'O, puis au NO, l'orage commence à se dissiper et le baromètre remonte; finalement, lorsque les deux premières rotations terminent au N, le temps se rétablit complétement. La couche de Pallio-cumulus s'entr'ouvre, se fractionne, continue ainsi à chasser du SO, puis elle tourne à son tour vers le N pour recommencer plus tard une nouvelle rotation. La seconde couche des Pallio-cirrus supérieurs se comporte de la même manière et disparaît aussi.

Tels sont les principaux faits concernant la rotation azimutale des vents et des nuages, et, en général, des diverses questions qui ont été traitées dans le courant de ces *Instructions* sommaires, à l'égard desquelles il est de la plus haute importance de fixer l'attention des observateurs dans toutes les parties du globe. Des renseignements analogues à ceux que nous ont fournis les observations faites à l'Observatoire de la Havane, fussent-ils même contradictoires sous des latitudes identiques, soit par la circonstance des différentes longitudes, soit par la diversité des topographies des pays explorés, ils n'en seraient pour cela pas moins importants et nous conduiraient à la vraie connaissance de la *circulation atmosphérique* tout, en nous mettant sur la voie des prévisions rationnelles et scientifiques. Ils pourraient, en outre, nous servir à la vérification de l'hypothèse du lieutenant Maury sur l'inversion des courants polaires et équatoriaux qu'il a établie dans les zones de calme.

---

# CONSIDÉRATIONS SYNTHÉTIQUES

## SUR LA NATURE, LA CONSTITUTION ET LA FORME

# DES NUAGES [1]

---

En 1861 et en 1862, j'ai publié dans l'*Annuaire du Cosmos* deux Essais : le premier, sur les images photo-électriques de la foudre ; le second, sur les effets suivants de ce météore, qui se rattachent aux propriétés de l'électricité artificielle : action physico-mécanique, fusion froide de Franklin, inflammabilité des corps combustibles, déflagration et réduction en oxyde coloré des fils métalliques, réduction en poussière des corps foudroyés et congélation des foudroyés.

Aujourd'hui, j'ai l'honneur de présenter à la Société un troisième Essai sur la nature, la constitution et la forme des nuages, précédée d'une Instruction sur l'observation des courants de l'atmosphère, basée sur la connaissance profonde des nuages mêmes.

Le but que je me suis proposé d'atteindre dans ces travaux est de rechercher les lois physiques et mécaniques qui régissent les phénomènes naturels, d'après les découvertes les plus récentes ou les mieux établies du domaine de la physique expérimentale.

La météorologie n'étant qu'une des branches nombreuses que la physique proprement dite embrasse, ce ne sera qu'au fur et à mesure que celle-ci se constituera, que la première aussi tendra à se constituer. Il serait impossible de ne pas retrouver dans chaque phénomène de l'atmosphère et de la croûte terrestre, un seul des phénomènes multiples que le physicien produit journellement dans son cabinet, à l'aide d'instruments de toute sorte des plus ingénieux. C'est donc aux météorologistes que revient la tâche d'appliquer aux phénomènes de la nature, les connaissances et les lois découvertes par les physiciens. Ces phénomènes ne diffèrent, en effet, d'une simple expérience de cabinet, que par la vaste étendue qu'ils embrassent et par leur puissance dynamique, qui peut s'élever depuis la plus simple expression, jusqu'au plus haut degré de développement, suivant la manifestation que l'on envisage.

(1) Ce travail est détaché d'un volume encore inédit sur un *Essai de systématisation subjective* de l'ensemble de nos connaissances météorologiques, écrit il y a aujourd'hui dix ans, en 1855.

C'est ainsi que la *synthèse* de la météorologie découlera logiquement de la synthèse de la physique, mais à la condition que le météorologiste soit à la fois physicien. Hors cette voie, la météorologie serait éternellement condamnée à entasser des observations à l'infini et tout au plus à découvrir des rapprochements, des relations qui ne mériteraient même pas de comporter le nom de *lois*.

Basé sur les considérations précédentes, nous allons maintenant étudier au point de vue physique l'action des trois forces qui agissent principalement et puissamment sur la constitution des nuages, à savoir : la *pesanteur*, la *chaleur* et l'*électricité*.

## 1. — *Action de la pesanteur.*

> La courbe décrite par une simple molécule d'air ou de vapeur est réglée d'une manière aussi certaine que les orbites planétaires, et il n'y a de différence entre elles, que celle qu'y met nótre ignorance.
>
> LAPLACE.

Dans la formation des nuages ou pour mieux dire, dans leurs transformations successives, on sent, comme dans tous les phénomènes de la nature, la nécessité de ramener les propriétés dynamiques des corps à leur structure statique et de rapporter les forces perturbatrices aux forces directrices. En effet, la seule modification de structure du nuage lui donne des propriétés dynamiques qui peuvent s'élever à tous les degrés d'intensité croissante, depuis la forme de ces *Cirrus* ou filaments déliés semblables, lorsqu'ils nous réfléchissent les rayons solaires, à la blonde chevelure de quelque nymphe enchantée et inoffensive habitant ces hautes régions perpétuellement glacées, jusqu'à la forme de ces effrayants *Cumulus*, qui vomissent des torrents de pluie et de grêle, et d'où *Jupiter altitonans* nous envoie ses flammes et ses foudres.

Ainsi dans chaque formation primaire ou transitoire des nuages, seule la structure a pu varier par l'action tantôt isolée, tantôt successive et parfois simultanée de la *pesanteur*, de la *pression atmosphérique*, de la *chaleur*, de l'*humidité*, des *vents* et de l'*électricité*. Par suite, chaque modification fondamentale de structure entraîne, non pas des propriétés dynamiques nouvelles en qualité, mais uniques et simplement en *quantité*. En un mot, la force de la loi directrice dans l'exemple ci-dessus, comme partout ailleurs, est *devenue de plus en plus perturbatrice*, en passant de la structure des *Cirrus* à celle des *Cumulus*.

Pour ce qui regarde le *degré* d'intensité orageuse des nuages et son action sur les couches atmosphériques situées au-dessous, ainsi que sur la surface du sol, il y a un élément que l'on a jusqu'ici négligé et qui cependant

détermine en grande partie cette puissance dynamique. Cet élément est la *masse* du nuage rapporté à *sa distance du sol.*

Ensuite faisant abstraction de l'origine effective des mouvements et des efforts soit internes, soit externes des nuages, les lois fondamentales de l'équilibre et du mouvement doivent nécessairement se vérifier envers les nuages orageux, aussi bien qu'à l'égard d'un ordre quelconque de phénomènes (sans même excepter les phénomènes physiologiques, comme par exemple, dans l'acte de la contraction par l'irritabilité primordiale de la fibre musculaire). Ainsi tous les phénomènes inorganiques ou organiques qui peuvent résulter de l'appréciation statique ou dynamique, sont inévitablement sous la dépendance des lois générales de la *mécanique*, pourvu toutefois que l'on puisse faire pour les uns et pour les autres, une judicieuse application de ces lois, d'après les conditions caractéristiques de l'appareil des corps et du milieu envisagé.

En outre, les inégales actions perturbatrices et directrices du soleil et de la lune, doivent être prises en considération dans la formation, le développement d'activité et la dissolution des nuages, d'après leurs propres gravitations, le rayonnement direct de ces deux astres, surtout celui du soleil, et l'action indirecte de la température ambiante. Le tout en rapport avec le double mouvement de la terre et l'obliquité effective du plan de son orbite sur l'axe de rotation. L'action météorologique de ces deux astres, comme agents régulateurs ou perturbateurs, doit être considérée, ainsi que c'est le cas dans les marées, dans la précession des équinoxes, etc., en raison directe de la masse productive, et en raison inverse du cube de sa distance au soleil. L'influence des nuages sur la surface du sol, devrait être envisagée sous le même rapport que l'influence solaire et lunaire sur les nuages. Ainsi les nuages, par leur suspension à la fois libre et instable dans un milieu gazeux, obéissent à deux gravitations, l'une céleste et l'autre terrestre. La résultante de leurs trajectoires doit être cependant déterminée par la rotation diurne de la terre qui les entraîne avec elle. Comparant la petite distance qui sépare les nuages de la surface du sol, avec l'immense intervalle qui les éloigne de la lune et surtout du soleil, il est facile de voir que la surface terrestre doit exercer une action plus prépondérante que celle de ces deux planètes, sur la formation, l'activité, la direction et la dissolution des nuages, même à l'aide des moindres accidents du sol, et probablement par sa constitution minéralogique et géologique, au point de vue de l'intensité et de la distribution des orages à la surface du globe.

Le rôle de la température, par rapport à la constitution statique et dynamique des nuages orageux, c'est-à-dire quant à leur structure et à leur activité, n'est pas moins déterminé, ni moins important que celui que déterminent les lois de la pesanteur et de la gravitation. C'est donc après ces premières considérations que l'on doit passer à l'examen de l'influence thermométrique, suivant le degré de complication et de particularité des phénomènes que l'on envisage. En un mot, la tension électrique que les nuages peuvent acquérir, est en raison inverse du carré de leur éloignement du sol et en raison directe de leur masse, de la diminution de la pression et de l'abaissement de leur

température. Ainsi chacune de ces quatre questions devra être isolément considérée, afin de pouvoir embrasser l'ensemble des conditions qui influent sur l'électrisation des nuages orageux.

## II. — *Action de la chaleur.*

Il me paraît très-judicieux d'envisager l'étude de la distribution interne et externe de la chaleur propre aux nuages, de la même manière que l'on envisagerait l'étude thermologique d'un corps ou d'un milieu quelconque, suivant les lois établies par le savant Fourier (1).

Ainsi dans cette étude, comme en météorologie, on devra considérer deux points distincts : *la théorie de l'échauffement et du refroidissement*, puis celles des *modifications* qu'apporte dans les corps l'échauffement ou le refroidissement qu'ils éprouvent. Dans le premier cas; il y aura encore à envisager deux autres actions : suivant que les corps agissent *à distance* ou bien *au contact*. Ce qui revient à considérer en météorologie, en premier lieu, la chaleur rayonnante du soleil sur le nuage et de celui-ci sur la terre, sous son double angle de réflexion et d'incidence, et même de réfraction. En second lieu, la conductibilité de la chaleur, au contraire, devra être considérée par rapport à la surface entière du nuage, ainsi que vis-à-vis de deux nuages qui se trouvent en présence l'un de l'autre, à des distances plus ou moins considérables et finalement entre les espaces du milieu ambiant, qui en sont dépourvus.

L'intensité de l'action thermométrique du soleil, par rapport à la surface du sol, dépend de trois conditions générales, qu'il importe de bien distinguer. Elle est d'abord évidemment diminuée par la plus grande distance et la plus grande déclinaison de l'astre solaire ou du nuage. La loi générale suppose habituellement que cette diminution a lieu en raison inverse du carré des distances. La seconde condition est celle de l'influence de la *direction* de *surface*, soit du corps échauffant, soit du corps échauffé. Cette loi plus sûrement connue, d'après les expériences de Leslie (2), confirmées par la théorie mathématique de la chaleur rayonnante créée par Fourier (3), est que l'intensité de l'action varie proportionnellement au sinus de l'angle que les rayons de chaleur forment avec chaque surface. Enfin la troisième condition résulte de *la différence de température entre les deux corps*. Mais ici, il faut considérer le cas dans lequel cette différence de température n'étant pas très-grande, l'intensité du phénomène lui est exactement proportionnelle : au contraire, la loi est différente et inconnue, quand les températures sont très-inégales.

(1) *Théorie analytique de la chaleur*. Paris, 1822, un vol. in-4°.—*Mém. Acad.*, 1824, t. IV; 1826, t. V; 1829, t. VIII. — *Ann. de chim. et de phys.*, 1816, t. III; 1828, t. XXXVII, etc.

(2) *Experimental inquiry into the nature and properties of heat*. London, 1804, 8°. — *Nicholson's-Journal*, 1800.

(3) *Ann. de chim. et phys.*, 1817, t. IV et VI; 1824, t. XXVII; 1825, t. XXVIII.

Quant à la propagation de la chaleur au contact, les températures ne pouvant être fort inégales, la loi de la proportionnalité de l'intensité d'action et de la différence des températures peut être regardée comme l'expression exacte de la réalité. Telle est la seule loi certaine relative à ce cas de la communication de la chaleur.

D'après les difficultés et le nombre de questions, non encore résolues, que présente, même aujourd'hui, l'étude abstraite et concrète de la chaleur, et à plus forte raison au point de vue de ses applications à l'étude biologique de l'homme, des animaux et des plantes, on concevra facilement l'importance de cette branche de la physique, qui se rattache d'un autre côté aux recherches météorologiques les plus compliquées sur la chaleur *solaire*, *diffuse*, *rayonnante* et *transmise*.

### III. — *Action de l'électricité.*

Dans l'étude de la constitution électrique des nuages orageux, de même que dans les autres branches encyclopédiques, depuis l'astronomie jusqu'à la biologie et la sociologie, on doit d'abord considérer le cas *statique* du cas *dynamique*, c'est-à-dire la répartition de l'électricité dans la masse du nuage, envisagée à l'état d'équilibre, en attachant à cette expression un sens exactement analogue à celui dans lequel Fourier prenait l'équilibre de chaleur, et par conséquent parfaitement indépendant de toute idée mécanique sur l'équilibre d'un prétendu fluide électrique; le second cas, justement qualifié de *dynamique électrique*, a pour objet l'étude des mouvements qui résultent de l'électrisation.

Peltier (1) est le premier et le seul physicien météorologiste qui ait parfaitement senti la nécessité de recourir à cette distinction fondamentale, dans l'étude générale des phénomènes électriques. Ayant été souvent pressenti par plusieurs qui en ont prononcé le nom dans leurs énoncés généraux, cependant conçu isolément et surtout appliqué à la recherche de la cause première des phénomènes, il a dû paraître insuffisant à cet égard et être délaissé pour ne point rentrer dans ce genre d'application.

Peltier a très-bien fait sentir qu'un nuage n'est pas constitué comme une sphère métallique, terminé par une surface unie, comme le sont nos boules de cuivre, qui ont toute leur électricité à la périphérie; sa tension électrique n'est point également répartie autour de lui, et par conséquent l'électricité qui l'enveloppe et lui forme une sphère extérieure, n'est qu'une portion de la masse totale que renferme le nuage. Cette sphère extérieure se repro-

(1) *Mém. des savants étrangers de l'Acad. des sc. de Bruxelles*, t. XIX, p. 1-69. — *Bull. Acad. des sc. de Bruxelles*, 1843, t. X. — *Archives de l'électricité*, 1844, t. IV, p. 173. — *Dict. d'hist. nat. de d'Orbigny.* Paris, 1844, t. V, art. *Foudre.* — *Sur la formation des Trombes.* Paris, 1840. — *Vie et travaux de J.-C.-A. Peltier*, par son fils. Paris, 1847, etc., etc.

duit après chaque décharge, au détriment des quantités coercées par chacun des corps ou corpuscules qui concourent à former le nuage entier.

Un nuage est donc ainsi composé : les globules opaques ou transparents sont groupés par petits flocons, ayant leurs limites et leurs sphères d'action comme les globules eux-mêmes. Les petits flocons en se groupant forment des flocons plus gros, ceux-ci des mamelons ; un certain nombre de mamelons, par leur réunion forment une muelle, les muelles à leur tour forment des nuages définis ; le groupement des nuages définis forme un Cumulus, et plusieurs Cumulus, un Pallium. Pour bien comprendre les phénomènes électriques des nuages, il faut donc s'habituer à les concevoir comme formés d'une foule *d'individualités*, ayant toutes leurs sphères électriques particulières et indépendantes, en équilibre de réaction entr'elles et en équilibre aussi de réaction avec la sphère générale extérieure du nuage.

Il résulte donc qu'un nuage a deux sortes de tensions électriques, deux forces avec lesquelles il agit sur l'atmosphère ambiante et sur les corps voisins ; l'une appartenant à la *quantité d'électricité* qui est coercée à la *périphérie*, l'autre à la *quantité gardée autour* de *chaque particule*. La première tension qui reste libre à la surface du nuage, peut être dite *dynamique*, par la plus grande énergie de son action qui produit les décharges ignées de la foudre ; l'autre, retenue autour de chaque molécule de vapeur, dénommée *statique* par sa plus faible intensité, n'agit que par des effets d'attraction et de répulsion et de simple rayonnement. Ainsi le premier terme représente assez bien l'idée des mouvements qui résultent de l'électrisation, pendant que le second terme signale la répartition de l'électricité dans la masse du nuage, envisagée à l'état d'équilibre, quoique parfaitement indépendant de toute idée mécanique sur l'équilibre d'un prétendu fluide électrique.

Ce n'est que par ce moyen que l'on pourra parvenir à bien concevoir les différents effets statiques et dynamiques des nuages, tels, par exemple, que le roulement du tonnerre, les éclairs, les tonnerres sans éclairs, les éclairs sans tonnerre, la foudre et la puissance énorme d'attraction de certains nuages.

Aux considérations précédentes de Peltier, je dois ajouter d'autres preuves convaincantes sur la non complète similitude des nuages avec un corps métallique plus ou moins sphérique, et par conséquent sur l'impossibilité d'envisager strictement l'équilibre électrique d'un nuage, d'après la loi de Coulomb (1) sur l'équilibre électrique dans un corps isolé. Il faut premièrement remarquer que les études microscopiques de Peltier sur les prétendues vésicules des vapeurs, soit au milieu d'un brouillard, soit au-dessus de l'eau chaude, lui ont fait voir que ces petits corps sont *mamelonnés* et non lisses, comme doivent être des vésicules. En outre, en les observant sous un rayon lumineux, en tenant l'œil dans l'obscurité, il remarqua qu'elles ne réfléchissent pas la lumière spéculairement, mais qu'elles *la dispersent*, et que leur aspect est *mate* et non brillant. Si, à cette première considération, on ajoute celle que ces vésicules de vapeurs, qui constituent les nuages, ne sont pas

(1) *Mém. Acad.*, 1785-89.

*parfaitement* sphériques, mais qu'elles affectent dans leurs différentes dimensions, plutôt la forme *sphéroïde*, on comprendra maintenant que la répartition de l'état électrique sur les diverses parties de leurs surfaces ne peut être uniforme comme elle le serait sur une sphère parfaite, mais qu'elle le sera comme dans le cas d'un sphéroïde, où la réaction électrique est plus considérable aux extrémités mêmes du grand axe, et moindre aux extrémités du petit axe; la différence entre les deux réactions étant d'autant plus puissante qu'il y aura de différence entre la longueur des deux axes, suivant la loi de Coulomb.

Ainsi, d'après ces considérations, les vésicules des nuages peuvent être considérées dans leur individualité, selon le caractère physique et la forme de leur surface, comme des sphéroïdes, pleins ou vides, peu importe dans le cas actuel, présentant non-seulement une réaction électrique plus grande à l'extrémité du grand axe, mais encore sur toute leur surface, d'après le degré de rugosité de celle-ci et la différence de longueur des deux axes. De sorte que l'action des mamelons qui recouvrent la surface des vésicules de vapeurs agissant comme de véritables pointes très-courtes, très-fines et très-parfaites, est analogue à la propriété conductrice des corps incandescents s'exerçant non pas au moyen des produits de leur combustion, mais en vertu d'un état particulier de leur surface, qui se conduit comme si elle était recouverte de pointes très-fines et dont l'analogie complète entre le mode d'action de ces corps et celui des pointes, a été reconnue par M. Riess. C'est encore par l'action de pointes analogues très-courtes, mais très-parfaites, que, d'après une ancienne expérience, on réussit à décharger un conducteur électrisé en lui présentant à distance un morceau d'amadou fait avec l'agaricus du chêne, sans avoir même besoin de l'allumer, ce qui tient aux pointes à peine visibles, dont toute la surface de cette espèce d'amadou est recouverte. Il est facile de s'assurer de l'existence, dans un corps en combustion, de pointes semblables qui se détruisent et se renouvellent constamment (1).

On conçoit encore que, si des sphéroïdes plus ou moins allongés se comportent aux extrémités de leurs axes aussi bien que sur toute leur surface, à la manière des pointes, par où la réaction électrique trouve un libre passage, d'après sa densité plus ou moins considérable et la résistance du milieu, on conçoit, je le répète, combien, à plus forte raison, les innombrables cristallisations aqueuses, depuis les plus fines aiguilles jusqu'aux plus volumineux grêlons qui flottent constamment dans les nuages, doivent présenter autant de pointes très-fines, mais très-parfaites, dont l'action et la réaction continues qui s'établissent entre elles, doivent tendre incessamment à détruire et à rétablir l'équilibre électrique.

C'est à l'aide d'un rayonnement de cette nature, uni à l'évaporation de l'humidité des grêlons déjà constitués, que Peltier a pu se faire une idée de leurs formes rayonnées, de leurs boutons, de leurs épines, de leurs arêtes, et en général de leurs diverses évolutions et transformations de formes, et de leurs

(1) De la Rive, *Traité d'électricité théorique et pratique*, Paris, 1856, t. II, p. 91.

multitudes d'aspérités, dont Volta n'a pas tenu compte dans sa théorie. Qui sait si ces innombrables décharges, à l'aide des pointes qui recouvrent la surface des sphéroïdes aqueux, n'ont pas quelque influence, jusqu'ici indéterminée, sur la production des météores lumineux dont on attribue l'origine à des effet de réflexions et de réfractions des rayons solaires sur les vésicules de vapeurs, en les supposant plutôt vides que pleines. Mais peut-être cette hypothèse pousserait-elle trop loin l'action de ces pointes et l'analogie ou la similitude de ces deux sortes de phénomènes. L'idée qui m'a conduit à envisager cette hypothèse ressort de la considération de l'expérience de M. Dove (1), qui a trouvé que les éclairs les plus prolongés en apparence étaient formés de la succession de décharges électriques, dont la durée ne représentait, pour chacune d'elles, aucune fraction appréciable du temps, dans lequel le cercle de Busalt accomplissait une révolution, savoir une tierce, dans des circonstances favorables. Elle résulte également de la considération : que l'on peut poser, en termes généraux, que toute décharge électrique est formée de la même succession d'une multitude de décharges partielles qui sont à la fois lumineuses.

Ainsi, d'après l'ensemble de ces considérations, la remarque, que j'ai faite plus haut, sur l'impossibilité d'envisager la répartition de l'équilibre électrique sur des surfaces métalliques et continues, comme étant identique à celle qui a lieu à la surface des nuages, me paraît être confirmée. En outre, il est facile de voir que chaque sphéroïde aqueux, aussi bien que chaque flocon, chaque mamelon, chaque muelle, chaque nuage défini, en un mot, ayant des surfaces individuelles et collectives, recouvertes et entourées d'aspérités mobiles, offrent une opposition constante à l'équilibration électrique qui ne peut, de la sorte, jamais s'établir d'une manière complète sur la périphérie de ces masses nuageuses ; car la répartition uniforme de l'équilibre électrique ne peut avoir lieu qu'à la surface d'une sphère parfaite. De même, la forme sphéroïde de chaque vésicule de vapeur, aussi bien que les aspérités et les échancrures mobiles des flocons, des mamelons, des muelles et des nuages définis, s'opposent également à l'équilibre électrique des parties internes du nuage, d'après la loi de Coulomb. De là, cette foule d'*individualités* dont le nuage se compose, ayant toutes leurs sphères électriques particulières et indépendantes en équilibre aussi de réaction, avec la sphère générale du nuage. C'est à cet état particulier de l'intérieur du nuage que j'ai donné plus haut le nom de réaction *statique*.

Quant à la couche périphérique du nuage, il est facile de concevoir qu'elle ne peut, pas plus que les parties internes, se trouver à aucune époque à l'état d'équilibre, car il faudrait pour cela, d'après la loi de Coulomb, que le nuage puisse conserver son électricité, en restant à l'abri de toute influence extérieure. Alors la figure de la couche résulterait de l'équilibre des forces répulsives de toutes les molécules qui la composent, en les supposant soumises à la loi de l'inverse du carré. Il faudrait, en outre, qu'elle ne puisse exercer

(1) *Repertorium der Physick*, t. II, p. 44. — *Poggendorff Annalen*, 1835, t. XXXV, p. 379. — *Archives de l'électricité*, Genève, 1841, t. II, p. 52.

ni attraction, ni répulsion, ou, en d'autres termes, aucune action sur un point quelconque placé dans l'intérieur du nuage. Car dans cette dernière circonstance, l'action et la réaction électrique ayant lieu de la surface à l'intérieur et de ce point à la surface de nouveau, l'équilibre serait rompu, ce qui n'est pas le cas d'après les expériences de Coulomb, sur des corps conducteurs isolés. Ainsi l'équilibre ne pourrait subsister dans un nuage, qu'autant que la résultante de toutes les forces répulsives sur un point intérieur serait égale à zéro.

Laplace a donné dans le III[e] livre de la *Mécanique céleste* (t. II, p. 37), la condition qui doit être remplie pour que l'attraction d'une couche déterminée par deux surfaces à peu près sphériques, soit égale à zéro, relativement à tous les points intérieurs; en supposant donc que l'épaisseur de cette couche devienne très-petite, on en conclura immédiatement la distribution de l'électricité à la surface d'un sphéroïde peu différent d'une sphère. Mais cette condition déterminée par Laplace, dans le cas qu'il présente, n'est nullement et jamais remplie dans celui des nuages orageux, où, plus ce caractère se trouve être prononcé et plus l'épaisseur des couches périphériques propres aux grandes agglomérations internes, aussi bien qu'à la couche générale, est de plus en plus considérable.

Toutes ces conditions qui se réalisent sur des conducteurs et des surfaces métalliques unies et isolées, ne peuvent nullement s'obtenir ni sur aucune des surfaces de chaque individualité des particules vésiculaires, ni sur leur agglomération en groupes distincts, ni sur leurs surfaces générales, dans un milieu plus ou moins conducteur, qui se trouve constamment troublé par des actions et des réactions électriques et d'autres natures. Ainsi, dès l'instant que le nuage plus ou moins orageux s'est constitué, c'est que l'équilibre électrique a été rompu, et il ne peut être rétabli que par la *disparition du nuage même*. Tous les nuages étant plus ou moins électriques, ils sont aussi plus ou moins orageux. De sorte que leur degré d'électrisation, la tension de leur action et réaction électrique, la nature et l'intensité de leurs manifestations et des météores qu'ils engendrent, ne sont que de simples variations en *quantité* et non en qualité, dues à la *masse* et à la *forme* de la matière mise en mouvement, et par suite à la masse et à la forme de l'état électrique, inséparable de la matière pondérable elle-même.

Ce fait résulte d'une simple mais exacte application des lois découvertes par Coulomb, Poisson et Plana, sur la répartition de l'équilibre électrique à la surface des corps, et sur les rapports existant entre l'épaisseur de la courbe électrique et les forces qui en émanent. Le calcul sur cette dernière question, repris par Plana en 1845, après Poisson, est complétement indépendant de la cause, quelle qu'elle soit, qui retient l'électricité libre à la surface des corps conducteurs.

Après avoir déterminé, du moins je le pense, le véritable caractère de l'équilibre électrique dans les nuages orageux, il ne me reste plus, pour achever cette question, qu'à considérer isolément la répartition de cet état élec trique à la surface des nuages, selon les formes diverses qu'ils affectent. Ici, comme dans le cas précédent, c'est encore aux lois physiques découvertes par

Coulomb sur cette répartition et aux lois mathématiques formulées par Laplace, par Poisson et par Plana, sur la détermination de l'épaisseur de la couche électrique pour les différents points de la surface d'un corps conducteur d'une forme quelconque et les forces qui en émanent, que l'on doit recourir, si l'on veut se faire une idée exacte de la réaction électrique dans les nuages orageux.

Tout le monde sait que la réaction électrique est si considérable à l'extrémité d'une pointe, que l'électricité s'en échappe pour se porter à travers l'air, vers les corps les plus voisins, ou pour se répandre simplement dans l'atmosphère. D'après ce qui a été dit plus haut, il est facile de voir que ce remarquable pouvoir des pointes, découvert par Franklin, est une conséquence naturelle de la répartition de l'état électrique, d'après la forme des corps pointus. De sorte que la réaction électrique est plus considérable aux extrémités des deux axes d'un ellipsoïde, à l'extrémité également d'un cylindre, d'un corps prismatique, vers les crêtes vives d'un corps anguleux, au sommet d'un cône, vers les extrémités d'une série de sphères en contact, d'égale grandeur; mais si les sphères en contact vont en diminuant de grandeur, à partir d'une extrémité à l'autre, la réaction électrique va en augmentant depuis la plus grosse jusqu'à la plus petite, où elle est la plus considérable; finalement, la répartition de l'état électrique n'est *uniforme* que sur une surface parfaitement sphérique. Ainsi Coulomb a démontré que la nature des surfaces n'exerce aucune influence sur cette répartition de l'état électrique, mais qu'elle dépend uniquement de leur *figure* et de leur *grandeur;* seulement, l'état électrique que prend chaque surface est plus ou moins persévérant et se manifeste avec plus ou moins de rapidité, suivant le degré de conductibilité. En résumé, on peut considérer une pointe, comme étant l'extrémité ou d'un ellipsoïde ou d'un cylindre très-allongé, ou même d'une série de sphères en contact dont les dimensions vont graduellement en décroissant.

Maintenant personne n'oserait nier, je l'espère, que l'étude de la répartition de l'état électrique à la surface des nuages doit être nécessairement et préalablement considérée au point de vue de leur *figure*, de leur *grandeur* et de leur *masse;* puisque cette répartition de la couche électrique, sa tension inégale ou uniforme, son épaisseur, ainsi que les rapports qui existent entre cette épaisseur de la couche électrique et les forces qui en émanent, dépendent de ces trois éléments : *figure*, *grandeur* et *masse*.

M'étant proposé, dans cette première partie de mon travail, de traiter uniquement le point de vue abstrait de la météorologie, quant à la doctrine et à la méthode, je ne pourrai pas m'étendre à la partie concrète de ces vues dans leur application à la répartition de l'état électrique à la surface des nuages, d'après leur figure, leur grandeur et leur masse. Les filaments des *Cirrus*, les formes arrondies et des plus bizarres des *Cumulus ;* les formes moutonnées ou pommelées des *Cirro-cumulus ;* les petites bandes filamenteuses et serrées des *Cirro-stratus ;* enfin les formes moins caractérisées des masses nuageuses plus denses, arrondies, étendues, ou à bords mal circonscrits, connues sous les noms de *Cumulo-stratus* et de *Pallium*, nous fourniront une multitude de formes, de grandeurs, de masses diverses propres à la dé-

termination de la répartition de l'état électrique sur leur surface, d'après même la seule inspection visuelle. A plus forte raison, cette répartition est-elle facile à saisir, d'après une juste exploration expérimentale, basée sur l'ensemble des lois déjà énoncées.

Par exemple, lorsque l'électricité tend continuellement à se porter vers la périphérie du nuage où elle exerce, sans cependant s'y accumuler en entier, une pression du dedans au dehors, à laquelle résiste la pression atmosphérique, il est facile de déterminer *à priori* que la couche électrique sera plus ou moins dense, ou que l'état électrique sera plus sensible sur les contours du nuage qui seront plus ou moins arrondis, anguleux ou côniques. La pression qu'exercera l'état électrique sera en raison composée de l'épaisseur de la couche et de la force répulsive de la surface ou proportionnelle au carré de l'épaisseur. De sorte que la pression de l'état électrique contre l'air sera, suivant la forme du nuage de laquelle dépend l'épaisseur de la couche, très différemment distribuée sur les parties saillantes de la périphérie, pouvant même devenir infinie sur quelques points, par rapport à d'autres, d'un état électrique plus faible. Lorsque cette pression surpasse, dans quelque partie de la périphérie du nuage, la résistance que l'air lui oppose, alors l'air cédera et l'action électrique s'exécutera comme par une ouverture, en produisant les diverses manifestations ou les phénomènes des éclairs et de la chute de la foudre. Entre ces extrêmes, on conçoit tous les intermédiaires possibles, selon l'épaisseur de la couche et les forces qui en émanent, suivant les pointes plus ou moins rayonnantes dont la périphérie sera recouverte, la nature et le degré de conductibilité du milieu interne et externe. Les phénomènes qui en résulteront seront donc des manifestations intermédiaires diversement modifiées, entre celles de l'éclair et de la foudre, pouvant donner lieu à la formation des éclairs sans tonnerre, des tonnerres sans éclairs, des diverses formes d'éclairs, des différentes intensités du tonnerre, de la foudre sphéroïdale, etc. Seulement, je ferai remarquer avec Peltier, que les nuages orageux étant terminés ordinairement par des échancrures, agiraient toujours plus énergiquement sur l'air par leurs rayonnements que par leur tension, si leur conformation spéciale ne s'opposait à un rayonnement trop accéléré, et si cette même conformation ne faisait pas prédominer quelquefois les efforts de la tension statique de l'électricité. Cependant l'effet le plus ordinaire des nuages orageux, sera de produire au-dessous d'eux des courants fuyant du centre à la circonférence, comme nous le verrons à l'instant, et rarement marchant de la circonférence au centre. Enfin, l'état de tension et d'aspérités rayonnantes, peut se concevoir de telle sorte que l'air, à quelque distance, reste calme, et qu'il n'y ait d'agité que la portion touchant immédiatement le corps. Avec des dispositions favorables, Peltier a pu reproduire successivement ces divers résultats.

Lorsque l'électricité s'écoule par une pointe, cet écoulement est toujours accompagné d'un mouvement de l'air qui est semblable à celui d'un souffle frais et qui a été nommé *vent électrique*. Ce vent peut être rendu sensible en étant dirigé contre la flamme d'une bougie, contre les ailes d'un petit moulin de carton qu'il fait tourner, contre la poudre de lycopode placée sur

l'eau, qu'il chasse devant lui. C'est à cette agitation de l'air, ou plutôt à la répulsion que le courant électrique qui le traverse exerce sur celui de la pointe d'où il sort, qu'est due la rotation du moulinet électrique. Le vent électrique favorise en outre le refroidissement et la vaporisation des liquides. Cette remarque faite depuis longtemps par plusieurs physiciens, a été constatée par Peltier (1) d'une manière exacte. Ainsi, il est évident que la transmission rapide de l'électricité à travers des conducteurs imparfaits tels que l'air, tend à faire écarter les unes des autres les particules. On remarque très-bien cet effet quand, dans l'obscurité, on étudie l'aigrette lumineuse qui est composée de filets divergents formés de petites particules rendues lumineuses par le passage de l'électricité. Cette même tendance s'observe également dans le cas où les conducteurs imparfaits sont liquides. Faraday a fait des expériences très-curieuses à cet égard avec de la cire à cacheter rendue fluide par la chaleur, avec une goutte d'eau gommée, une goutte de mercure ou de chlorure de calcium. L'abbé Nollet avait déjà fait une expérience de cette nature, avec de l'eau placée dans un entonnoir en métal muni de quelques ouvertures capillaires, et communiquant avec le conducteur électrique (2).

Mais les expériences les plus remarquables et qui ne sont qu'une reproduction en petit de ce qui se passe sur une plus grande échelle dans les nuages orageux, sont évidemment celles de Peltier. C'est ainsi que cet habile expérimentateur, en faisant usage, pour imiter l'atmosphère autant que possible, de la fumée des résines, a pu se rendre compte, sur une petite échelle, de la marche des courants, qui proviennent des nuages orageux en général, et des trombes en particulier. Il a pu également reproduire ces petits tourbillons que l'on observe souvent sur les bords des nuages, dans les montagnes, au moyen du miroir noirci, et qui contribuent aussi à donner à l'ensemble ces formes arrondies des *Cumulus* analogues à celles des tourbillons de fumée qui s'échappent d'une cheminée, ainsi que Kæmtz l'a constaté souvent. Ne pouvant présenter ici une analyse complète des belles expériences de Peltier, je renvoie le lecteur à son *Traité sur les Trombes*, p. 67, où il trouvera tous les détails. Il me suffira donc d'ajouter que ce n'est qu'en étudiant des masses de vapeur et différents corps solides, liquides et gazeux, en se plaçant comme l'a fait Peltier dans des circonstances convenables, que l'on pourra apprécier l'influence des nuages électriques sur l'atmosphère, en observant toutes les phases de leur agitation. Mais il ne faut pas perdre de vue que l'effet le plus ordinaire des nuages orageux : de produire au-dessous d'eux des courants fuyant du centre à la circonférence et rarement marchant de la circonférence au centre, ne manque pas d'avoir une valeur réelle dans la formation de plus d'un phénomène, que le but de ce travail m'excuse cependant de prendre en considération pour le moment.

(1) *Sur la formation des Trombes*, Paris, 1840, p. 78-88.
(2) De la Rive, *Traité d'électricité théorique et pratique*, t. II, p. 92-94.

Versailles, imprimerie de BEAU jeune, imprimeur de la Société météorologique de France, rue de l'Orangerie, 36.

